
УДК 624.131:55(477)

О методике прогноза деградации просадочных свойств грунтов

Т.П. Мокрицкая

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Рассмотрены некоторые методические вопросы прогноза физико-механических свойств грунтов массива. Проанализированы просадочные, физические, физико-механические свойства причерноморского, дофиновского и бугского горизонтов общей мощностью до 14,0 м, находящиеся в состоянии неполного водонасыщения (1985 – 2005). Рассматривались два варианта построения частной шкалы оценивания состояния массива по влажности для прогноза деградации просадочности. Обоснована и доказана необходимость задания прогнозного состояния по приращению природной влажности от природного состояния до состояния полного водонасыщения. Применена трехчленная градация состояний, при которой повышение влажности на 30 и 60 % соответствует слабой и средней измененности состояния. Подтверждена зависимость относительной просадочности лессов от их физического состояния и конкретных фракций гранулометрического состава, связь просадки как явления с особенностями микроагрегатного строения и его деградации. Распад микроагрегатов происходит на ступенях давления, близких к давлению структурной прочности.

Ключевые слова: лесс, прогноз, катастрофический процесс.

On the method of forecasting degradation subsiding soil properties

T. P. Mokritskaya

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

We studied some methodological questions forecast the physical and mechanical properties of soils array. Were analyzed the subsidence, physical, physic-mechanical properties of the Chernomorsky, Dofinovsky, Bugsky horizons of loesses. Total capacity of massive is 14,0 m, a state of incomplete water saturation (1985 – 2005).

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-067-947-45-04. E-mail: mokritska@i.ua

Considering two options for creating same scale of assessment for the state of humidity forecast the degradation of subsidence. Substantiate and prove the need to set the forecast state of the increments of natural moisture from the natural state to a state of full water saturation. Applying the three-part gradation condition where increasing humidity at 30 and 60 per cent corresponds to low and moderate change of state. Were confirmed dependence relative subsidence of loess on their physical condition and the specific fractions of particle size distribution, communication drawdown as a phenomenon with features microaggregate structure and its degradation. The collapse of the microaggregates occurs on the steps of the pressure close to the pressure of structural strength.

Key words: loess, forecast, catastrophic process.

Введение. Особенности макро- и микростроения плейстоценовых внеледниковых отложений субаэрального генезиса изучали М.Ю. Абелев (1928), А.К. Ларионов (1959), Б. Грабовская (1975), А.В. Минервин (1983), В.И. Осипов (2000), Ван Джанфенг (2011) и др. Способность просадочных грунтов к катастрофическому поведению при просадках изучается в разных регионах [7; 8].

Изучение связей между признаками и особенностями поведения лессовых пород позволило сформулировать представление о просадочности как о специфическом свойстве, характерном для отложений внеледниковой формации [1; 9]. Существующие методы количественной оценки и прогноза построены на анализе различия значений коэффициента пористости от давления при разном физическом состоянии. Учитываются два состояния: природной влажности и полного водонасыщения [2]. В работе [6] указано, что относительная просадочность зависит от влажности в зоне аэрации по степенному закону, а значение показателя степени определяется по графику зависимости просадочности от влажности, построенному в двойном логарифмическом масштабе. Для количественной оценки состояния грунта по влажности необходимо определение влажности начала просадки. Этот показатель в практике инженерных изысканий широкого распространения не получил.

В работе А. К. Ларионова [3] было показано, что значения относительной просадочности могут изменяться и при влажности, меньшей начальной влажности просадки. Поиск способов описания зависимости значений относительной просадочности от приращений влажности, анализ деградации свойств лессовых грунтов в реальных условиях является актуальной задачей.

Объектом исследований является территория жилого массива «Тополь» (г. Днепропетровск), застроенная многоэтажными жилыми домами на ленточных и свайных фундаментах. В геологическом строении плато и склонов балки Встречной присутствуют плейстоценовые, эоплейстоценовые и неогеновые отложения субаэрального генезиса. Мощность отложений плейстоцена, обладающих просадочными свойствами, составляет более 20,0 м. В их составе выделены причерноморско-дофиновский, бугский, витачевский, кайдакско-прилукский, днепровский горизонты, залегающие на лубенских палеопочвах. Средой деградации просадочных свойств могут быть причерноморский, дофиновский и бугский горизонты, мощность которых составляет до 14,0 м. В подошве бугского горизонта эпизодически присутствует техногенно-природный водоносный горизонт.

Обсуждение основных результатов. По результатам инженерно-геологических исследований, выполненных в 1985 – 2005 гг., была составлена база

данных о физических, физико-механических свойствах горизонтов. Стохастический анализ данных показал, что выборочные совокупности показателей свойств причерноморско-дофиновского и бугского горизонтов однородны и симметричны, но не проявляют корреляции с глубиной отбора, что указывает на несоответствующее природной норме состояние. Модели регрессии между показателями физических и механических свойств не были получены.

Применение метода группового учета аргументов позволило выполнить прогноз значений относительной просадочности при различных подходах.

Методика моделирования методом группового учета аргументов подробно описана в работах [4; 5]. В настоящей работе рассматривались два варианта построения частной шкалы оценивания состояния массива по влажности для прогноза деградации просадочности. В первом случае значения влажности рассчитывались как приращения относительно начального значения, во втором – как приращения относительно возможного интервала, заданного разностью значений природной влажности и влажности полного водонасыщения. Значение влажности полного водонасыщения получено аналитически, по стандартным формулам механики грунтов, были привлечены средние по выборке показатели необходимых видов плотности и влажности грунта. Применялась трехчленная градация состояний, при которой повышение влажности на 30 и 60 % соответствует слабой и средней измененности состояния.

В качестве факторных переменных вводились глубина, показатели физических свойств, содержание определенных фракций гранулометрического состава, изменение которых может быть следствием деградации просадочности при техногенезе. Были выбраны фракция 0,1 - 0,25 мм, характерная для микроагрегатов, и фракция 0,01 - 0,005 мм (в значительной степени - продукт распада микроагрегатов). При первом варианте задания приращений природной влажности выбор в качестве факторной переменной содержания частиц размером 0,1 - 0,25 мм приводит к большим прогнозным значениям относительной просадочности в интервале давлений 0,05 – 0,15 мПа (рис. 1). На ступени 0,25 мПа изменение состава факторных переменных (размера фракции) не влияет на значения относительной просадочности. На ступени 0,3 мПа выбор в качестве факторной переменной содержания тонкой фракции 0,005–0,01 мм приводит к большим значениям относительной просадочности. При втором варианте задания приращений природной влажности зависимость прогнозных значений относительной просадочности от изменения содержания микроагрегатов и продуктов их распада проявляется резко (рис. 2). В интервале нормальных давлений 0,1– 0,15 мПа просадочность как явление существенна и независима от состояния по влажности. Условием является наличие частиц размером 0,1–0,25 мм, то есть микроагрегатов. Если в состав факторных переменных включить содержание частиц размером 0,005–0,01 мм, то, при повышении влажности на 60 % от теоретически возможного интервала, состояние можно классифицировать как послепросадочное. Если приращение влажности соответствует приращению на 30 % от теоретически возможного интервала, то на ступени давления 0,1 мПа и при наличии тонкой фракции состояние грунта будет недоуплотненным.

На ступени давления 0,25 мПа дисперсность не оказывает влияния на значения относительной просадочности, а на ступени 0,3 мПа величина

просадочности опять определяется состоянием по влажности и сохранности микроагрегатного строения.

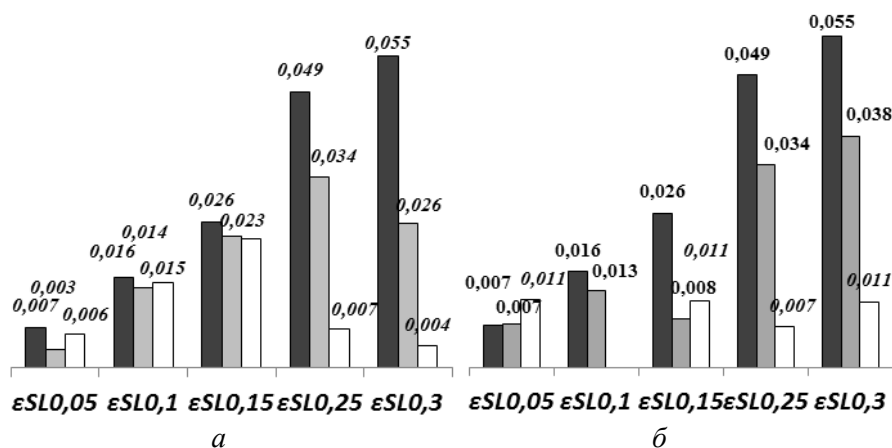


Рис. 1. Диаграмма зависимости прогнозных значений относительной просадочности (ϵ_{SL} , д. ед.) причерноморско-бугских отложений от давления и приращений влажности относительно абсолютных начальных значений:

$$a \quad \epsilon_{SL} = f(z, R0.005, \rho, \rho_s, \omega_L, \omega_p, \omega); \quad b \quad \epsilon_{SL} = f(z, R0.1, \rho, \rho_s, \omega_L, \omega_p, \omega)$$

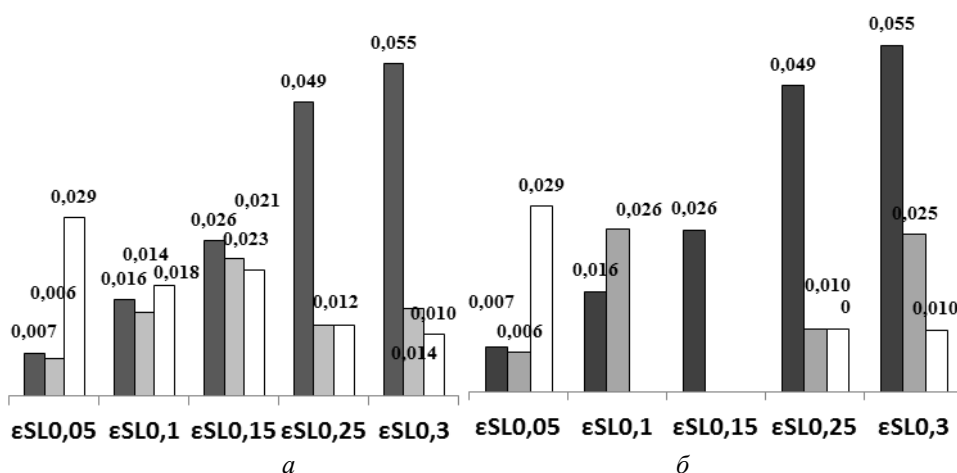


Рис. 2. Диаграммы зависимости прогнозных значений относительной просадочности (ϵ_{SL} , д. ед.), от приращений влажности, рассчитанных относительно теоретически возможного интервала

Примечания к рис. 1 - 2:

1. $\epsilon_{SL0,05}$ – относительная просадочность (д. ед.) при давлении 0,05 МПа; z – глубина, м; R – содержание частиц размером 0,1 – 0,25 мм или 0,005 – 0,01 мм; ρ – плотность грунта, г/см³; ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³; $\omega_L; \omega_p$ – пределы пластичности, д. ед.; ω – природная влажность, д. ед.

2.

- - начальное по влажности состояние;
- - приращение природной влажности на 30 %;

□ - приращение природной влажности на 60 %.

По результатам прогноза относительной просадочности методом группового учета аргументов подтверждено следующее:

– максимальные значения относительная просадочность принимает при давлении структурной прочности и при дополнительных нагрузках, когда микроагрегатное строение не нарушено;

– при нагрузках, меньших структурной прочности, фактором просадочности являются приращения влажности, не сопровождающиеся разрушением микроагрегатов.

Библиографические ссылки

1. **Grabowska – Oolszewska, B.** SEM analyse of microstructures of loess deposits/ B. Grabowska – Oolszewska [Text] // Bull. of the International Association of Engineering geology. – 1975. – № 11. – P. 45 – 48.

2. **Larionov, A.K.** Lessovye porody SSSR i ih stroitel'nye svoystva [Text]/ A.K. Larionov. – M.: Gosgeoltekhizdat, 1959. – 368 p. (in Russian).

3. **Mokrickaja, T.P.** Faktory i modeli degradacii prosadochnosti [Text]/ T.P. Mokrickaja, L.S. Korjashkina// Vis. girn. un. – 2013. – №4. – P. 5 – 12 (in Russian).

4. **Mokrickaja, T.P.** Formirovanie i jevoljucija geologicheskoy sredy Pridneprovskogo primyshlennogo regiona [Text]/ T. P. Mokritskaya. – D.: Akcent PP, 2013. – 274 p. (in Russian).

5. **Mustafaev, A.A.** Osnovy mehaniki prosadochnyh gruntov [Text]/ A.A. Mustafaev. – M.: Strojizdat, 1978. – 264 p. (in Russian).

6. **Osipova, M.A.** Kompleksne issledovanija strkturnoj prochnosti lessovyh porod Priobskogo plato [Text]: avtoref. dis... kand.geol.-min.nayk.: spec. 25.00.08 «Inzhenernaja geologija, merzloovedenije i grntovedenije»/ Osipova M.A. – Barnaul, 2007. – 21 p. (in Russian).

7. **Ryashchenko, T.G.** The soils of the south of Eastern Siberia and Mongolia [Text]/ T.G. Ryashchenko, V.V. Akulova. – Novosibirsk: SO RAN, 1998. – 156 p.

8. **Wang, M.** Collapse Property and Microstructure of Loess [Text]/ M. Wang, X. Bai// Advances in Unsaturated Soil, Seepage, and Environmental Geotechnics: Proceedings of Sessions of GeoShanghai, 06 June 2006 to 08 June 2006. – American Society of Civil Engineers. – Reston, USA, 2006 – P. 111 – 118.

9. Inzhenerna geologija. Mehanika rruntiv, osnovi i fundamenti [Text]: pidruchnik/ M. L. Zocenko// Poltava: PNTU, 2003. – 560 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 23.02.2015